
千葉製鉄所第3連続鋳造機における設備診断技術

Techniques for Machine Condition Diagnosis of No.3 Continuous Slab Caster at Chiba Works

中村 勝美(Katsumi Nakamura) 大西 廣(Hiromu Onishi) 佐藤 国浩(Kunihiro Sato)
工藤 敏夫(Toshio Kudo) 柿原 節雄(Setsuo Kakihara) 福原 渉(Wataru Fukuhara)

要旨：

千葉第3連鋳において、総合的な設備診断システムを開発した。これらのシステムは昭和56年4月の稼動以来、品質保証と設備保全に大きく寄与している。品質保証に関する設備診断内容としては次のようなものである。(1) ロールギャップ、アラインメント自動測定 (2) セグメントロール機械履歴の自動作成、管理 (3) モールドの機械履歴の自動作成、管理 (4) トーチカッタースラグ除去装置の異常診断 設備の予防保全に関するものとしては、(1) 油圧作動油、油面監視 (2) 流体系統における異常監視 (3) スラブマーカの自己診断 (4) ロール荷重の監視 更に簡易診断計を連鋳機に適用し、設備の信頼性と品質保証に向上した例として次のようなものがあげられる。(1) モールド長辺フレーム間隔の測定、診断 (2) バルジング挙動の測定

Synopsis：

Consolidated equipment diagnosis system has been developed at No.3 continuous slab caster in Chiba Works of Kawasaki Steel Corporation. Application of the system since its start-up in April, 1981 has been greatly contributing to sound quality assurance and completely integrated maintenance activities. Diagnoses concerned with quality assurance are as follows: (1) Computerized measurement of roll gap and roll alignment. (2) Computerized historical record analysis and reporting of mold and all segment rolls. (3) Performance monitoring of torch-cut-dross remover. Diagnoses concerned with preventive maintenance are listed below. (1) Leakage monitoring of all hydraulic equipment (2) Condition monitoring of all valves (3) Self-diagnosis of slab marker (4) Roll load monitoring Diagnoses with handy-type monitors are also performed mainly for analytical purposes, and resulted in higher reliability of the caster and better quality assurance. Some examples of achieving improved equipment reliability and quality assurance are given as follows: (1) Systematic measurement and analysis of mold frame (2) Measurement of slab bulging.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

千葉製鉄所第3連続铸造機における設備診断技術

Techniques for Machine Condition Diagnosis of No. 3 Continuous Slab Caster at Chiba Works

中 村 勝 美*
Katsumi Nakamura

大 西 廣**
Hiromu Onishi

佐 藤 国 浩***
Kunihiro Sato

工 藤 敏 夫****
Toshio Kudo

柿 原 節 雄*****
Setsuo Kakihara

福 原 渉****
Wataru Fukuhara

Synopsis:

Consolidated equipment diagnosis system has been developed at No.3 continuous slab caster in Chiba Works of Kawasaki Steel Corporation.

Application of the system since its start-up in April, 1981 has been greatly contributing to sound quality assurance and completely integrated maintenance activities.

Diagnoses concerned with quality assurance are as follows:

- (1) Computerized measurement of roll gap and roll alignment.
- (2) Computerized historical record analysis and reporting of mold and all segment rolls.
- (3) Performance monitoring of torch-cut-dross remover.

Diagnoses concerned with preventive maintenance are listed below.

- (1) Leakage monitoring of all hydraulic equipment
- (2) Condition monitoring of all valves
- (3) Self-diagnosis of slab marker
- (4) Roll load monitoring

Diagnoses with handy-type monitors are also performed mainly for analytical purposes, and resulted in higher reliability of the caster and better quality assurance. Some examples of achieving improved equipment reliability and quality assurance are given as follows:

- (1) Systematic measurement and analysis of mold frame
- (2) Measurement of slab bulging

1. 緒 言

千葉製鉄所第3連続铸造機は「高能率、高品質¹⁾」と「自動化、省力化²⁾」に徹した設備にするという基本思想で建設され、昭和56年4月から順調に稼動している。

最近の連铸機は高生産、自動化、省力化、が強

く要求されるようになって来ており、設備のトラブルは生産、品質面に大きく影響をおよぼすため、設備管理の重要性が増して来ている。

第3連铸機においては「铸型の機歴、ロールの機歴、ロール間隔とアラインメント、作動油の油面の管理」を計装プロセス計算機（以下P/Cと略）で行う設備診断設備を開発した。

一方、流体系統においては、各種の弁の開閉状

* 千葉製鉄所設備部西工場整備課掛長

*** 技術本部設備技術部主査（課長補）

***** 千葉製鉄所製鋼部第三製鋼課

〔昭和57年3月27日原稿受付〕

** 千葉製鉄所設備部西工場整備課課長

**** 千葉製鉄所設備部設備技術室主査（掛長）

態をCRTでモニタリングし、スラブマーキング装置には、自己診断システムを採用した。

その他、新しい試みとして、「モールドフレームの挙動、スラブバルジング挙動の調査、ロールの荷重計測、トーチカットスラグ除去装置の診断システム」の開発を行った。以下にそれらの設備管理、診断について報告する。

2. 設備診断の考え方

連铸機においては従来から操業監視³⁾用に P/C

が導入されている。その操業監視をうまく設備診断の道具として利用し、生産の状態を設備管理用に使おうとするものである。

ここで述べる設備診断というのは総合的に設備を管理するという観点としてとらえ、設備の状態監視から機械履歴の管理までをシステム化するという考え方である。

それらを Fig. 1 に示す。

一方、設備のモニタリングシステムを Fig. 2 に示した。

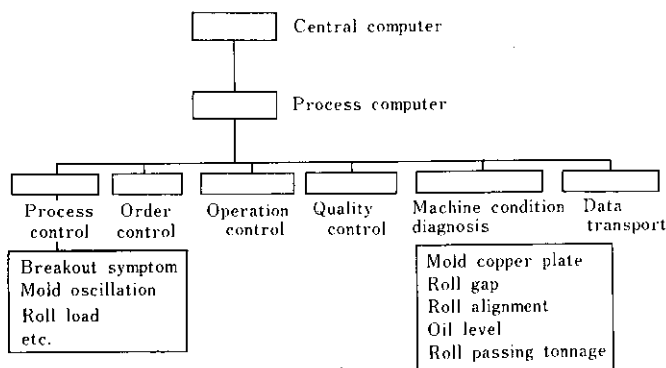


Fig. 1 Functional block diagram of computer control system for No. 3 continuous slab caster

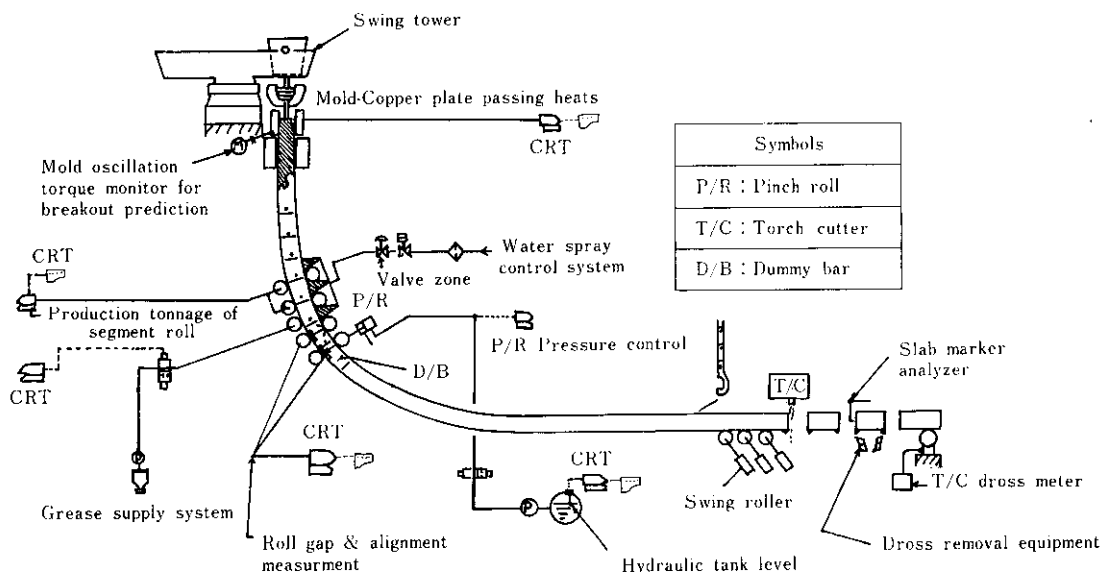


Fig. 2 General view of machine condition monitors

3. 第3連鋳機における設備診断

3.1 品質保証のための設備診断と管理

3.1.1 ロール間隔とアラインメントの管理

ロール測定装置の概要を Fig. 3 に示す。装置の構成は、ダミーバーの中央にロール間隔測定装置、アラインメント測定装置を各一式ずつ組み込み、ダミーバー挿入時に測定⁴⁾する方式である。

各測定機を結んでいるケーブルコネクターには窒素パージを行い、水滴等によるトラブルを防止した。測定時には、内R部および上側のロールは自重でクリアランス分が下に下った状態になっているので、あらかじめジャッキアップしそのクリアランス分を各セグメントごとに求め、実際の鋳込み時の厚みに修正している。

測定結果を Fig. 4 に、シーケンスフローを Fig. 5 にそれぞれ示した。

特徴としては、

- (1) ロール間隔とアラインメントの測定を同時に行い、同一紙面に記録したこと。

同時測定の意義は、例えばロール間隔が狂った場合、アライメントを同時に測定することにより対向するロールの内R側、外R側のいずれに問題があるか、を判定可能としたことにある。Fig. 6 にその例を示す。

- (2) 各ロール番号と測定値を一致させたこと。

今回、ダミーバーは上部挿入方式としているの

で、従来の下部挿入方式のようにダミーバーの位置は有線で判定できず、測定値とロール番号を対応させることは困難であった。そこで測定装置の位置がわかるようにロール間を前進したか、後退したかの判断を行わせる装置を組み込みロール番号と測定値を対応させることに成功した。データの取り出しには、無線方式、カセット方式⁵⁾、または、ケーブル方式⁶⁾が紹介されているが、ロール番号との対応は不十分であった。

その他の特徴として、内R部におけるアラインメント測定方法は Fig. 7 に示すように、相隣接する3本のロールを使って、その両端ロールに対する図中C部を測定し、あらかじめ左右のロールとの関係を演算、記憶させておいた値と比較する方法を採用している。また、ロール間隔測定器の検定として、Fig. 8 に示すように、初回値と4チャージ鋳込んだ後、および手動測定値を比較した結果 $\pm 0.05\text{mm}$ の範囲で再現性が得られている。

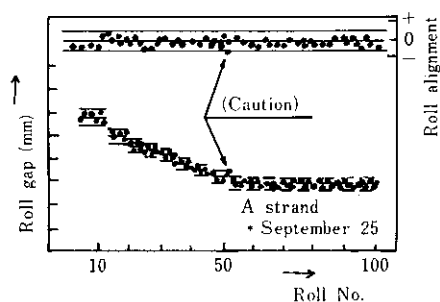


Fig. 4 An example of CRT display of roll gap and roll alignment

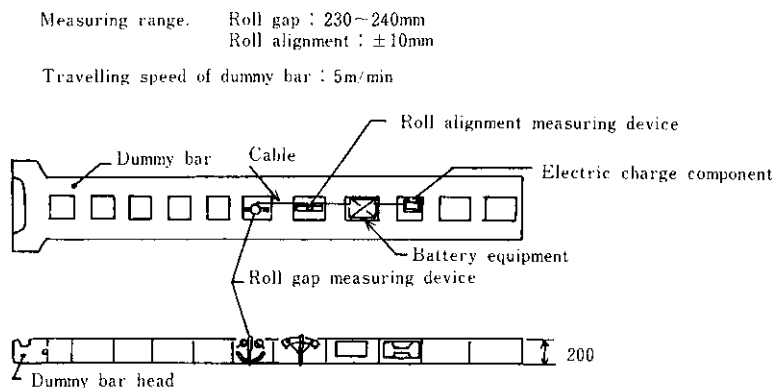


Fig. 3 Automatic measuring devices of roll gap and alignment

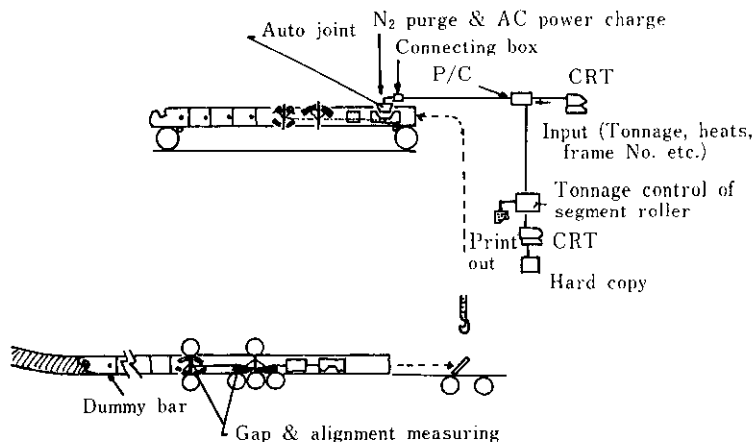


Fig. 5 Measurement sequence of roll gap and roll alignment

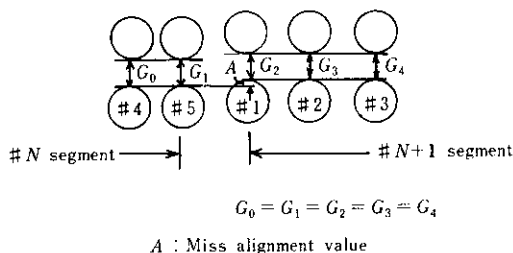


Fig. 6 An example of roll segment miss alignment

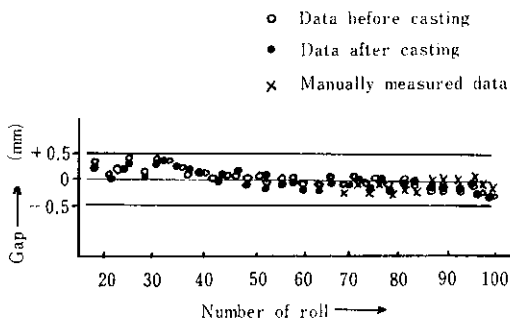


Fig. 8 Calibration of roll gap measuring

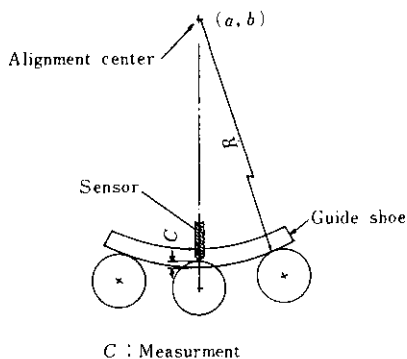


Fig. 7 Principle of alignment measurement of curved strand area

その結果、日常の微少なロール間隔の変化、時系列的な変化を読み取るにより、セグメントの交換、調整、あるいは内部割れ防止等の品質保証に迅速な対応が可能となった。

3・1・2 セグメントロール機歴管理

従来セグメントロールの管理としては、セグメ

ント取り替えごとに、操業側の情報から通過トン数を算出し、セグメントロールの摩耗傾向と対応させ、取り替え計画をたてていた。しかし、正確さと能率の面、また、必要な時に、即座にセグメントの通過トン数が引き出せないことに難点があった。また、ロール材質のテストを行った場合でも、長期間にわたってロールが使用されるため、そのセグメントロールの通過トン数を調べ、寿命の比較を行うことが容易でなく寿命管理、機歴管理としても問題があった。

そこで、操業管理値としての生産トン数を、セグメント取り替えごとに P/C で演算し、通過トン数として管理し、セグメントをいったん取り外しても現在までに通過したトン数を即座に表示できるようにした。Table 1 にて示すように取付月日、フレーム No.、通過チャージ数、通過トン数を印字させている。

また、あらかじめそのロールの通過トン数によ

Table 1 Printed-out form for control of segment roll history

	トリツケガッピ	No.	ツウカ チャージ ツーカトン数	ギャップ モクヒョウ	ジャッキ	ヘ ン サ	キョウウチ	アライメント キョウウジツセキ
F/R	08.05	01	(.676 . 74040)	(238.0)	0.0	****	(0.5)	(0.5)+0.0
S/R	08.08	03	(.776-. 97747)	(238.0)	0.0	****	(0.5)	(0.5)-0.2
SEG								
01	08.08	A 01	(.776-. 97747)	(236.5)	0.0	****	(0.5)	(0.5)+0.8
02	08.08	A 02	(.776-. 97747)	(236.6)	0.0	—	—	(0.5)+0.5

る摩耗速度⁷⁾が求められているので、長期的なロールの予備品調達計画ができる。Table 2には、セグメントの寿命管理のためのデータを示す。

3・1・3 モールド銅板機歴管理

高速鋳造下では、品質に対する設備の管理が厳しくなる。特にモールドにおいては顕著となる。

そこで、モールド銅板管理として、鋳込み通過

チャージ数から設備診断を行っている。P/Cでモールドの取り替えごとにチャージ数を演算させ、長期的に寿命を予測し、銅板の機歴管理を行う。

Table 3 にそれらのデータを示す。銅板材質、種類、銅板メッキ方法⁸⁾による種類、チャージ数、修理回数を表示している。

従来、セグメントの通過トン数の積算と同様に銅板の通過チャージ数による管理には労力がかかり、能率の面、正確さの面において問題があった。

Table 4 では種類別のリストとして印字させた。

3・1・4 トーチカットスラグ除去装置の診断

トーチカッターで切断されたスラブ裏面にスラグが付着し、製品表面欠陥となるため、除去装置を設けている。そこでスラグが完全に除去されたか否かを、テーブルロールフレームの振動値としてとらえ、同装置の故障監視を遠隔で行うものである。Fig. 9にはその概要を示した。

Table 2 Printed-out segment data for life control

No.	Item	Data	Dimension
1	Segment number	××	—
2	Installed date of roll	××××	date
3	Total heats	×××××	ch's
4	Total tonnage	×××××××	tons
5	Latest roll gap	×××.×	mm
6	First roll gap	×××.×	mm
7	(5)-(6) Wear of roll	××.×	×10 ⁻¹ mm
8	Wear rate of roll	××××	×10 ⁻² mm/t

Table 3 A part of CRT display of total heats through each mold copper plate

061 ** モールド ドウバン カンリ**									
10:40*3/3									
82.01.14 10:40									
シンキ トウロク M/D NO (. .)									
マツシヨウ M/D NO (. .)									
NO	シュルイ	M/D NO イチ	QC S NO T	トータル カイスウ	コンゲツ カイスウ	シュウリゴ カイスウ	シュウリ カイスウ	ドウバン アツミ	ゼンカイシュウリ シュルイーカイスウ
M14	(. 2)	9---N	4-A	(...707-..	42-	46)	(. 2)	(50.0)	2- 212
D01	(. 3)			(...812-..	93-	130)	(. 2)	(50.0)	2- 71
D02	(. 3)			(...489-..	93-	0)	(. 2)	(50.0)	3- 384

Table 4 Comparison of mold life in different mold plating method for slab caster

No.	Kind of plating	Thickness of mold plating	Copper material	Taper type	Straight type	Life (Heats)	Total life (Heats)
11	Ni-Cr	Upper 0.5 Bottom 0.5	Ag-Cu		○	500	1 500
12	Ni-Cr	Upper 0.4 Bottom 0.9	Cr-Cu	○		420	1 200
13	Ni-Cr	Upper 0.4 Bottom 1.0	Cr-Zr	○		400	1 180
14	Ni-Fe	Upper 0.5 Bottom 0.8	Cr-Be	○		620	1 800
15	Ni-Fe	Upper 0.2 Bottom 0.4	AgDCu	○		550	1 600

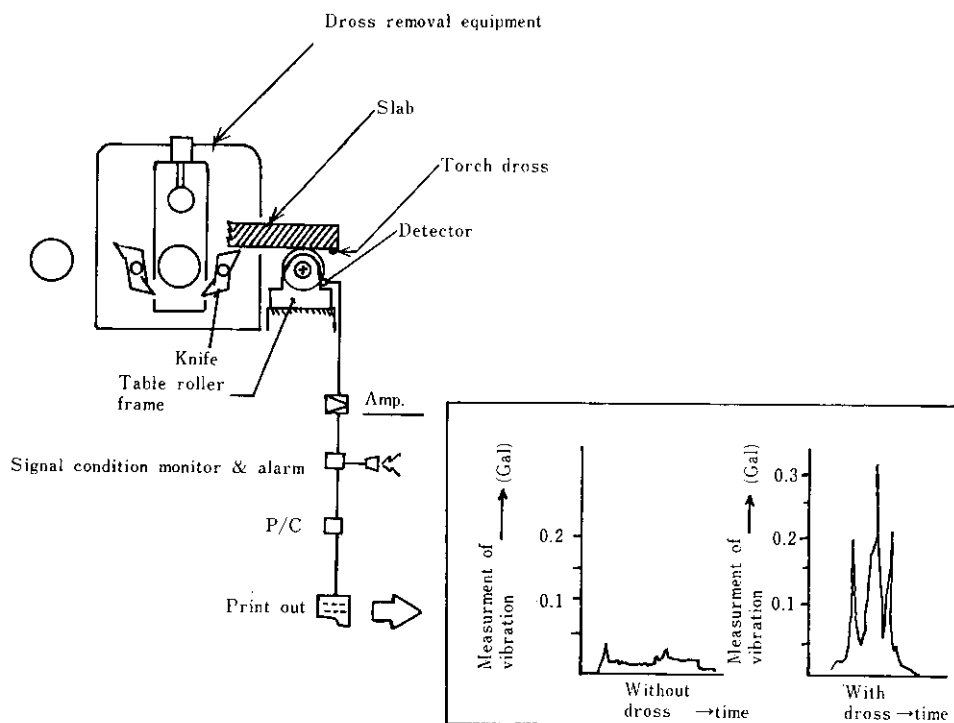


Fig. 9 Configuration of torch cut dross detection

3・2 設備のモニタリングと自己診断装置

3・2・1 油圧作動油のタンクレベル監視

従来作動油のタンクレベルの監視および管理方法としては、次の方法が一般的である。

- (1) 操作室での液面計の目視による管理
- (2) 同、液面計を記録計に置きかえチャート式とした管理。

(3) 保全マンが毎日油圧タンクサイドの液面計を目視記録する管理。

しかし、能率の面と正確さにおいて以下の問題があった。

- (1) 油圧タンクのレベルは、油圧アクチュエーターの動作位置により変化し、タイミングによっては、タンクレベルは数百 l の差になる。特に、連铸設備のように数多くの油圧アクチュエーターを使用する設備においては液面を検出するタイミング

によってバラツキが大きい。

(2) 毎日、タンクレベルを点検、記録し、管理することは、労力的にも負荷が大きい。

(3) 油洩れの傾向がつかめない。例えば毎日の微小漏洩量 (l/日) の傾向がつかめないとその設備異常を早期に発見できない。

これらの問題を解決するために、Fig. 10に示すような油面管理を行った。

まず、油圧および液面検出は、油圧アクチュエーターの動作位置が一定になる時に行う。そのタイミングと演算はP/Cで処理している。

しかし、動作位置が一定にできないもの、例えばスラブの搬送設備や、単独機器の油圧装置については、油面検出回数の頻度を高くし、液面の平均レベルを求め、従来の油面検出精度を向上させた。

Fig. 11にそれらの油面のCRT画面のハードコピーを示した。表示内容は月日、その日の油面レ

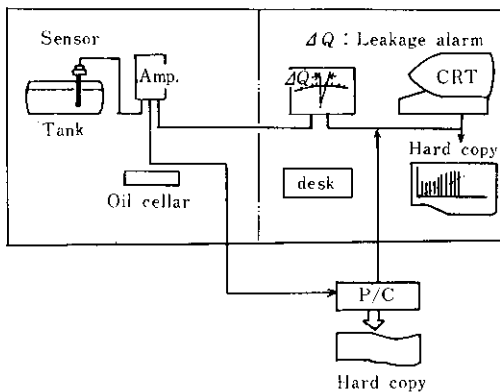


Fig. 10 Schematic diagram of oil level control

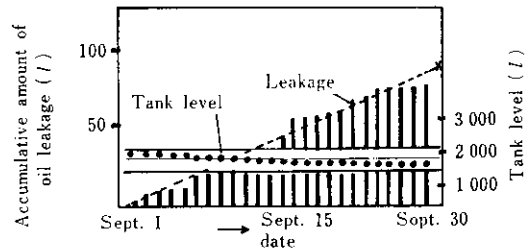


Fig. 11 An example of CRT display on hydraulic tank level

ベル、その日の洩れ量、月間の洩れ管理限界、である。

3・2・2 流体設備におけるモニタリング

ここで述べる流体設備は、冷却水システム、グリース給脂システム、油圧システムである。

モニタリングを行う項目をTable 5に示した。そのうち代表的な油圧システムのトラブル表示例をFig. 12に、機械内部冷却水システム表示をFig. 13に示す。

従来、流体システムは種類が多く、また、機器も多いため中央の集中監視は容易でないという問題があった。今回は1台のCRTにまとめて、故障時にFig. 12のような画面が出るようにした。各システムの弁の開閉、圧力等を検出し、個々の故障部位としてとらえ、異常部を中央で迅速に監視、その処置を可能にした。これらのシステムは、稼動後、操業、品質維持に有効な手段となっている。ノズルにて塗料を吹きつける方式⁹⁾である。

Table 5 Examples of title of CRT display for machine condition monitoring

Page	No.	Title
46	CRT display 1	(Inner cooling system of machine No. 1)
47	CRT display 2	(Inner cooling system of machine No. 2) See Fig. 13
48	CRT display 3	(Secondary cooling system)
49	CRT display 4	(Trouble of hydraulic system) See Fig. 12
50	CRT display 5	(Trouble of grease system)
51	CRT display 6	(Trouble of pump equipment)
52	CRT display 7	(Trouble of cooling water equipment)
53	CRT display 8	(Trouble of scalepit system)
54	CRT display 9	(Trouble of electric system)

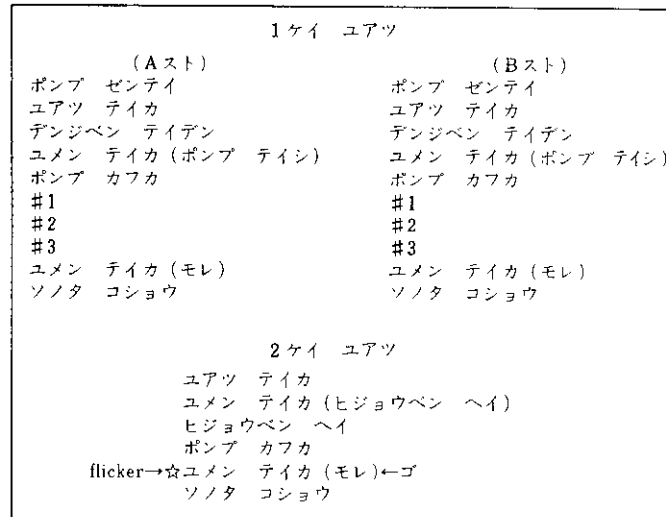


Fig. 12 Trouble of hydraylic system

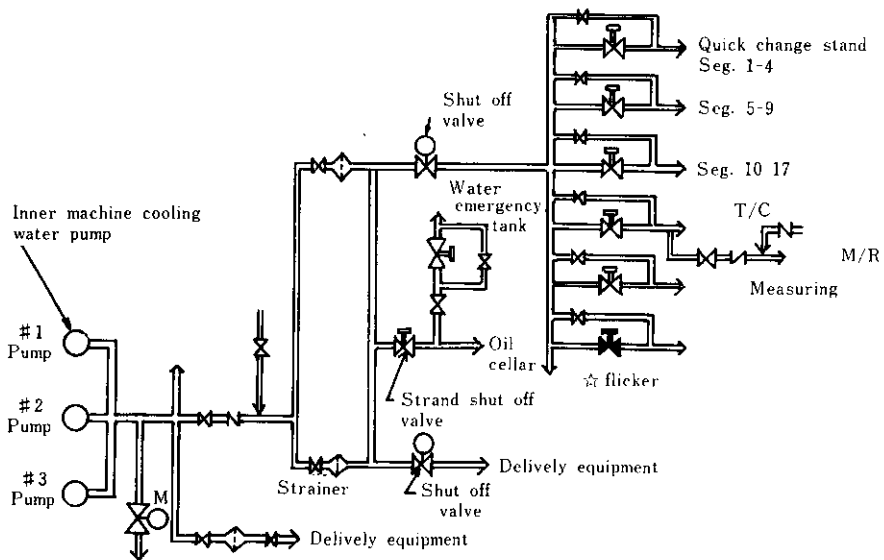


Fig. 13 An example of inner cooling system of machine

3・2・3 スラブマーキング装置の設備診断システム

スラブマーキング装置は、あらかじめステンシルに文字を打ち抜き吸着アームでステンシルをスラブ端面に押しつけ、スプレーノズルにて塗料を吹きつける方式⁹⁾である。

スラブのマーキングは、スラブ管理としての品質保証という観点から重要な分野で、装置も安定稼動、故障時の処置も迅速に行う必要がある。

Fig. 14 には、マーキング装置の主な機器構成を示した。

Fig. 15 には、その各機器単位の故障^{10,11)} 部位を表す数種類のパターンを示す。一連の動作中、圧力計、リミットスイッチ等で異常を検出し、そ

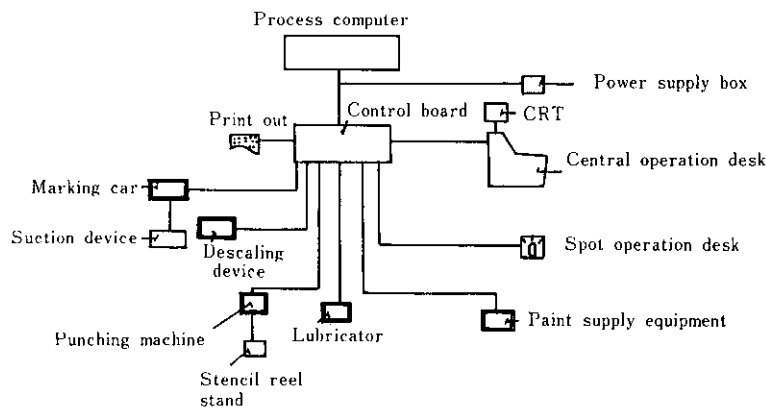


Fig. 14 Schematic configuration of slab marker

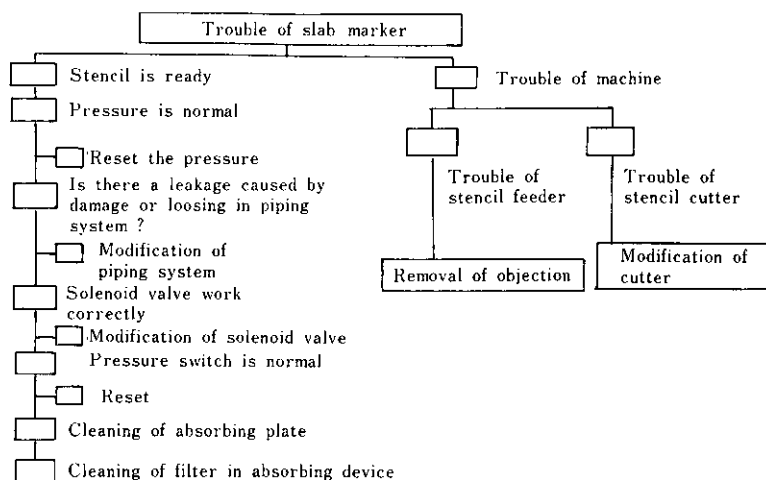


Fig. 15 Self-diagnosis system of slab marker

の状態を表示できるように分類した。

Table 6 に故障表示のデータ例を示す。

表示項目としては日時、故障機器名、部位、故障状態である。

3・2・4 ロール荷重計測のシステム

これは、エプロンロールチョックの荷重計により、鋳造中の荷重を計測してCRT表示するシステムであり、このデータをマニュアル解析し、ロールへの負荷を軽減するような操業条件を見いだしてフィードバックしている。Fig. 16 にシステムフローを示す。

Table 6 An example of diagnosis sheet for slab marker

02-01-10-11	カッター口	カコウ	CLEANING
IN 40 41 42 43 44 45 46 47 4C 4D			
50 22 00 85 41 A9 00 20 39 01			
02-01-16-42	キューチャク	フリョウ1	LOWER ARM
IN 40 41 42 43 44 45 46 47 4C 4D			
50 68 00 45 57 A9 00 20 52 00			
00-00-00-00	ユアツ	ティカ	
00-00-00-07	キューチャクアーム	カコウ	SUCTION
IN 40 41 42 43 44 45 46 47 4C 4D			
90 31 10 85 57 59 00 20 6A 00			

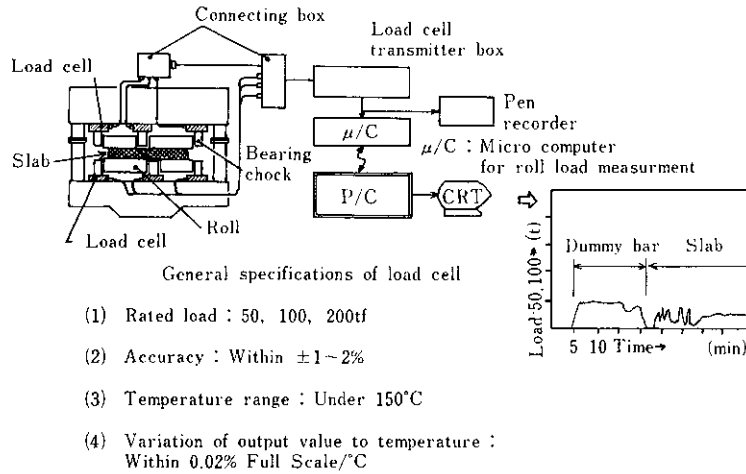


Fig. 16 Roll load measuring and monitoring system

3.3 簡易診断計の連鑄機への応用

3.3.1 モールド長辺間隔の挙動調査

最近、鑄込み中の幅変更が増え、モールド長辺銅板に、短辺銅板に基因して幅変更中に発生したカキ疵が増えている。原因として考えられることは、短辺をクランプしているクランプ力が強いのか、短辺が熱膨張により拉がり一層クランプ力を増す場合とがありその状態で幅変更を行うため、短辺一長辺間で異物等の噛み込みも加わり、抵抗が増

しカキ疵が発生する。カキ疵が深くなって来ると、ブレイクアウトの要因や、鑄片品質にも悪影響を及ぼす。

そこで、長辺フレーム間隔の鑄造中の変動を調査した。その結果を Fig. 17 に示したように、長辺フレーム間隔の拉がりは、鑄造開始後 2 ～ 3 分で最大値を示し、鑄込み終了とともに元に戻る。

更にタイロッドの伸びを測定した結果では、最大 0.2mm 程度であり、上記の拡大幅のほとんどがクランプの皿バネの圧縮力として鑄造前のセット値より増加していることがわかった。つまり図の

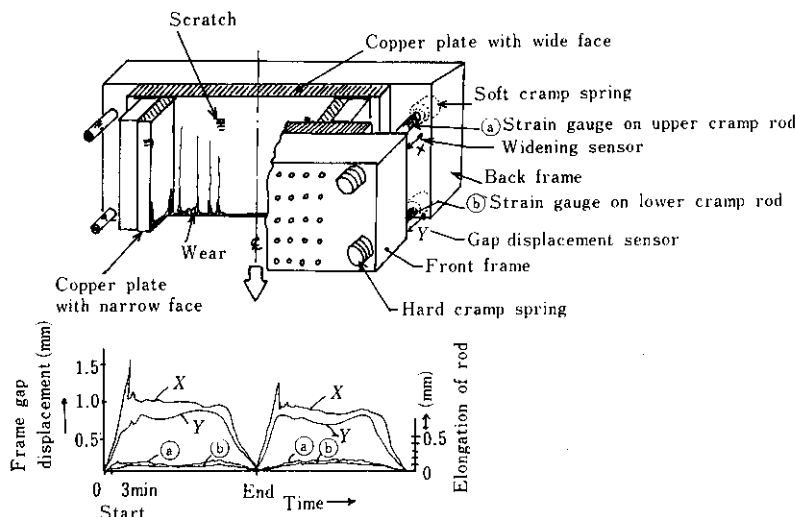


Fig. 17 Measurement of mold frame gap

ソフトクランプの皿バネで逃がす構造では短辺の熱膨張分を完全にカバーできないと考えられる。

そこで、Fig. 18 に示すように長辺間のクランプ力を铸造中に油圧の圧力で制御する方式を開発した。これは、铸造込みの幅により変動する静鉄圧と短辺銅板の熱膨張を考慮し、油圧の圧力を制御するものである。

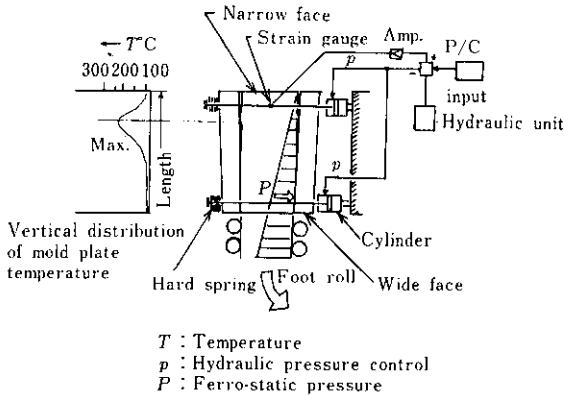


Fig. 18 Development of clamp control system on mold frame

3・3・2 バルジング挙動調査

高速铸造下における各種の要因とバルジングの相関を調査するため、Fig. 19 に示すように差動トランスによる検出装置でバルジングを測定した。その時の操業側の測定項目は铸造速度、冷却水水量、スラブ温度、等である。

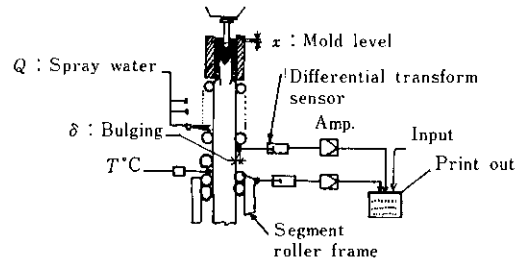


Fig. 19 Schematic diagram of bulging measurement

この結果、铸造条件へフィードバックし、バルジングが発生しないことによる品質保証維持に大きく寄与した。

3・3・3 その他の診断機器

その他、Fig. 20 に示す各種の簡易診断計を使い、監視、測定を行い設備の診断を行っている。特に回転機器については設備異常検知として振動測定器を広く使っている。

3・4 設備診断装置による成果

以上の設備管理、診断システムにより、

- (1) 油洩れ、弁のモニタリングなどの正確な診断と早い情報を中央で監視し迅速な処置ができる。更に、銅板管理、ロール管理など長期の工事計画、予備品調達計画が立てられる。
- (2) ロールギャップ計、マーキング装置、モールド挙動調査、バルジング測定、スラグ除去検知などは内部割れ防止、製品品質維持に役立っている。

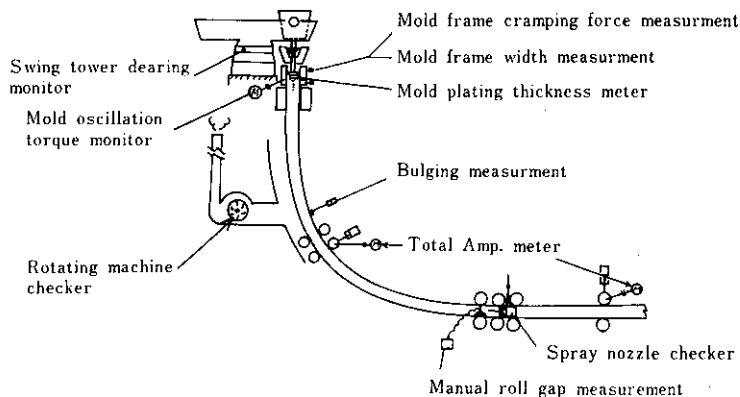


Fig. 20 General view of condition monitors

る。
などが成果として挙げられる。

4. 今後の課題

設備診断は、最近ようやく第二世代¹²⁾へ突入し、システム化時代と呼ばれるようになったが、今後の課題としては下記項目が挙げられる。

(1) 設備診断の自動判定

現在の設備診断を更に進め、解析を自動的に行い判定までも行わせるシステムの開発を行う。

(2) 設備診断と品質情報の高度の結合

生産の常時監視システムと設備の傾向劣化診断システムを結びつけ、更に品質維持のための設備管理システムを開発する。

(3) モニタリングの一層の定着

各種モニタリングのシステムを他設備へも応用し定着させる。

(4) トラブルシューティング、FTA^{13,14)}などによ

る故障解析と自己診断用の故障パターンの対象範囲拡大。

常時監視、モニタリングの一手法として、自己診断のための故障パターン化を推進することにより、故障分析、予防保全をさらに簡便に、正確に行う。

5. 結 言

千葉第3連鑄機における設備診断設備として、

(1) 品質保証のための設備診断装置の開発

(2) 常時監視、設備管理のためのモニタリングシステムの開発

(3) その他、設備診断の応用、

について、2～3の知見をまじえて述べた。現在これらのシステムは順調に稼動し、連鑄操業の安定に大きく寄与している。今後ますます高度な設備診断を必要としており、この種のシステムを土台にさらに充実した診断装置へと発展させ、設備の安定度の向上、コストダウンをめざしたい。

参 考 文 献

- 1) 森脇、守脇ほか：鉄と鋼，67 (1981) 12, S 924
- 2) 中村、伊藤ほか：鉄と鋼，67 (1981) 12, S 925
- 3) 田宮：第76・77回西山記念技術講座，17
- 4) 川崎製鉄水島：第76回計測部会共同研究会 (1980.11.20)
- 5) 藤井：計測と制御，19 (1980) 6, 49
- 6) 前田、飯田ほか：川崎製鉄技報，12 (1980) 3, 119
- 7) 市原、石亀ほか：川崎製鉄技報，12 (1980) 3, 123
- 8) 市原、石亀ほか：川崎製鉄技報，12 (1980) 3, 130
- 9) 市原、石亀ほか：川崎製鉄技報，12 (1980) 3, 128
- 10) R.A.Collacott：Mechanical Fault Diagnosis (1980) 2～8 日本プラントエンジニア協会
- 11) 塩見、豊田：設備診断技術，(1978)，87 日本プラントエンジニア協会
- 12) 豊田：第76・77回西山記念技術講座，223
- 13) 井上：F.T.A.安全工学，(1979)〔日刊工業新聞社〕
- 14) 福田：日本機械学会論文集，47 (1981) 14, 172